

## APLICACIONES ESPACIALES CON ORDENADORES EMBARCADOS

Por el Dr. Ingeniero de Telecomunicación : Don Fernando Saez Vacas

Esta exposición pretende dar una panorámica de la forma como se utilizan los ordenadores en la exploración de fenómenos físicos lejanos.

Se realizan algunas precisiones para definir el alcance de la exposición. Así, por ejemplo, aunque en el campo de la exploración de fenómenos físicos lejanos se emplean muy diversos aparatos de cálculo y tratamiento de datos, no todos ellos son ordenadores. Sóloamente pueden denominarse ordenadores aquellos instrumentos -- que procesan información digital y que constan de una memoria programable, de un procesador que interpreta y ejecuta instrucciones de programa y de unidades de entrada-salida, aunque estas últimas sean muy elementales.

Un ordenador puede procesar informaciones procedentes de una fuente física. Dichas informaciones son captadas por unos sensores -- aplicados sobre el propio fenómeno, informaciones que, debidamente conformadas, pueden ser transmitidas a gran distancia, recogidas, digitalizadas y procesadas por el ordenador.

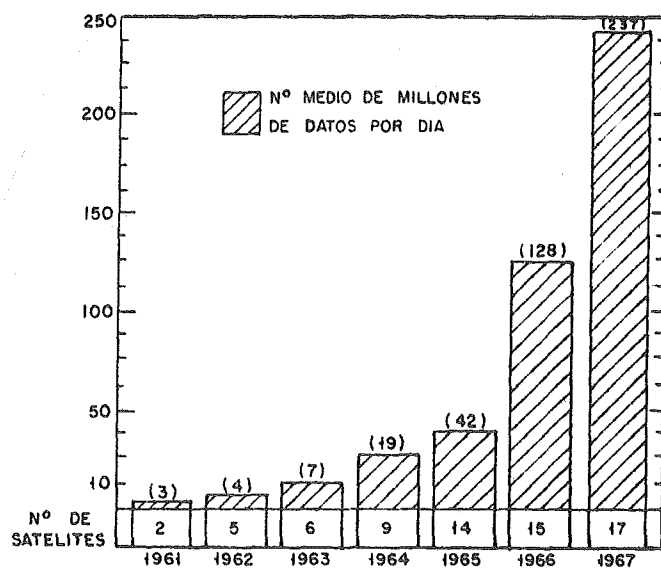


Fig. Nº 1 AÑOS

En los años 60 se produce un desarrollo espectacular en el crecimiento del número de informaciones transmitidas por satélites a la tierra para su tratamiento por los científicos. El Dr. Ludwig, del Centro Goddard de la NASA, dá la cifra de 237 millones de datos por día en el año 1.967, a comparar, por ejemplo, con el de 7 millones cuatro años antes (Fig. Nº 1).

Este estado de cosas, que podría calificarse de "explosión de la información espacial", es sostenible técnicamente gracias al empleo de los ordenadores (en general de los computadores) y de la tecnología electrónica y de telecomunicaciones. Marca, desde luego, una etapa de la aceleración del conocimiento científico del espacio.

Sin embargo, tal explosión podía ser incontable de no incorporarse a bordo del ingenio espacial algún nivel de procesamiento de datos. Se dá una gama muy variada de aparatos embarcados de procesamiento de datos (de los cuales el ordenador es el más elaborado), una de cuyas misiones principales consiste en filtrar datos a tierra, reduciendo por consiguiente el volumen de información enviada. Más adelante, precisaremos las características medias y posibilidades de los ordenadores embarcados.

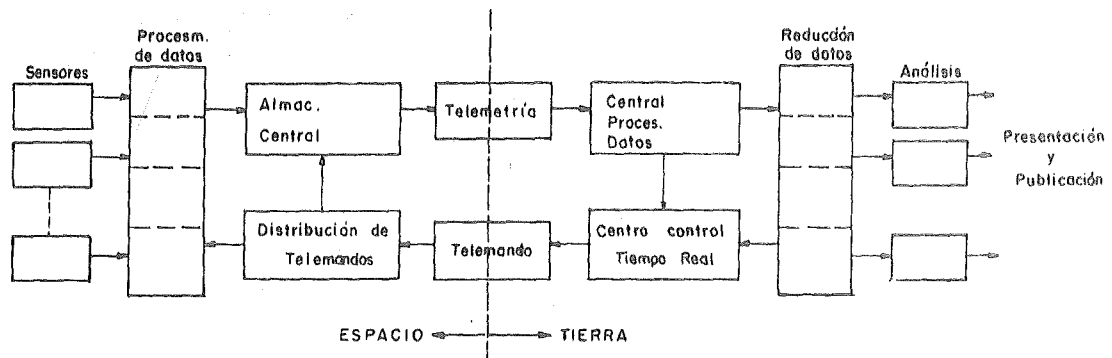


Fig. Nº 2

Pero antes es necesario presentar un esquema general de un sistema de información espacial, especificando las funciones típicas de cada uno de sus componentes (Figura nº 2).

Se distinguen, por este orden, desde el fenómeno físico sometido a observación o control, hasta las últimas operaciones en tierra: los sensores, el procesamiento de datos a bordo, el almacenamiento de datos a bordo, los elementos de la cadena de telemetría, - el centro terreno de procesamiento de datos, las operaciones de reducción de datos y el análisis último de los mismos.

Cabe señalar, además, la existencia de una acción de telemando, - que se ejerce desde el centro de procesamiento de tierra, sobre el equipo embarcado y desde éste sobre el equipo de experiencia científica y técnica de abordó, e incluso sobre los propios sensores.

Nos fijaremos, principalmente, en los aparatos de procesamiento del sistema de información. De ellos, los aparatos embarcados materializan, de una parte, la función ya mencionada de filtraje de datos, y de otra, introducen un grado creciente de inteligencia a bordo, que se traduce en mayor flexibilidad y rendimiento de las operaciones, (control de los sensores, del resto del equipo de abordó y del propio satélite; programación y control de las experiencias científicas). El centro terrestre toma a su cargo - el mayor volumen de cálculos, la preparación de resultados para análisis por los científicos y de controles para el telemando.

A continuación, pasaremos revista, dando algunas cifras típicas a los requerimientos exigibles a un ordenador embarcado, que son fundamentalmente estos cuatro : resistencia al ambiente, bajo consumo de potencia, peso y volumen reducidos y gran fiabilidad. Esta última se mide con un parámetro, reconocido internacionalmente, llamado M.T.B.F. "Mean Time Between Failures" (Media de Tiempos de Buen Funcionamiento), medido en nº de horas durante-

las que una determinada unidad no tendría estadísticamente ninguna avería. En los ordenadores embarcados este parámetro puede oscilar entre 5000 y 2000 horas muy superior a los de tierra.

Las consecuencias son que por peso, volumen y consumo de potencia los equipos embarcados deben ser pequeños y robustos; por fiabilidad deben ser sencillos y contruidos a base de tecnologías muy probadas y en resumen, ello implica limitaciones evidentes en las posibilidades de cálculo a bordo, como se demuestra presentando algunas de las características técnicas de los ordenadores embarcados en los módulos lunar y de mando del proyecto Apolo. (Fig. Nº 3)

CARACTERISTICAS      SISTEMA      APOLO

PROCESADOR

16 BITS EN PARALELO  
ARITMETICA: BINARIA EN COMPLEMENTO A 1  
REGISTROS: 17  
INSTRUCCIONES: 11  
VELOCIDADES:

SUMA/RESTA 23  $\mu$ seg.  
MULTIPLICACION 93  $\mu$ seg.  
SUMA DOBLE PRECISION 234

MEMORIA

VARIABLE: 1008 PALABRAS  
FIJA: 24K (MODULO DE MANDO)  
12K (MODULO LUNAR)

Fig. Nº 3

Sin embargo, la rapidísima evolución de la tecnología de los ordenadores permite y sobre todo permitirá circuitos más complejos a bordo para realizar mayor cantidad de operaciones y operaciones más complejas, y mayor cantidad de circuitos, con lo que los diseñadores podrán quizá ceder un M.T.B.F. inferior, introducir más redundancia en los circuitos y acercarse tanto como se quiera a un grado de disponibilidad del 100 %.

Finalmente, y para ilustrar con un ejemplo el esquema general de un sistema de información espacial, se adjunta la experiencia del satélite Eolo, cuyo objetivo reside en levantar un mapa de vientos del hemisferio Sur. (Fig. Nº 4)

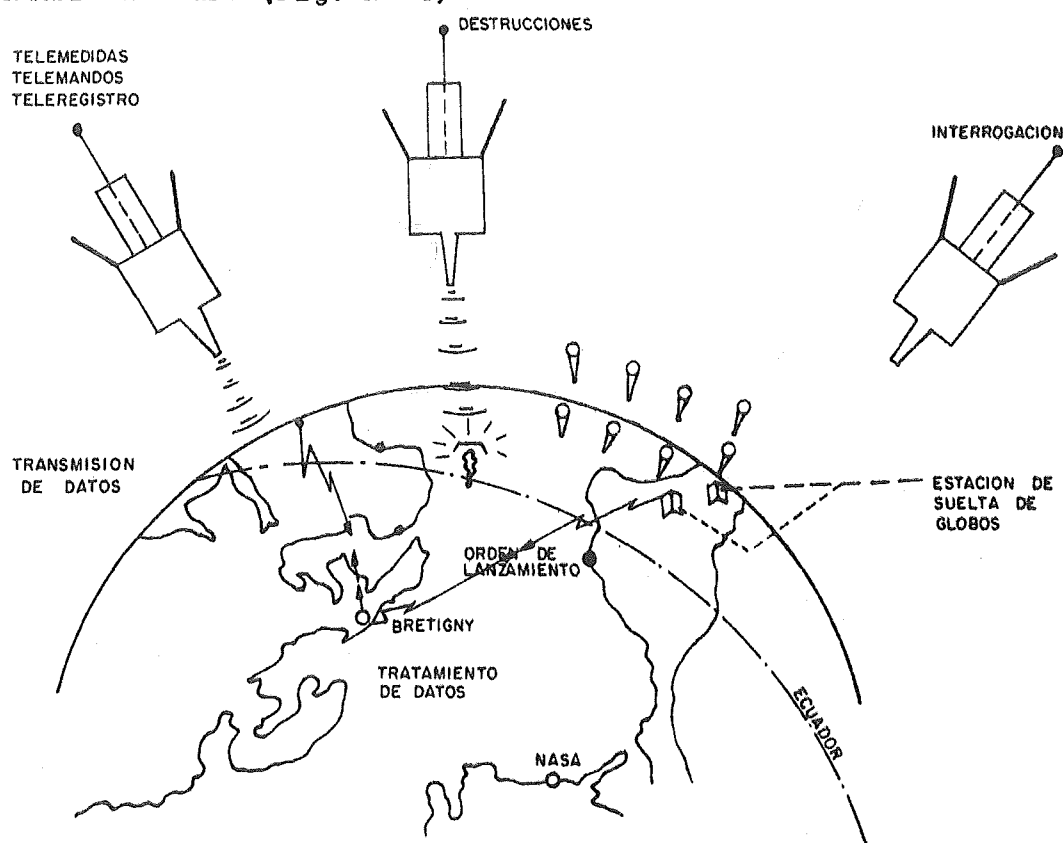


Fig. Nº 4

Se demuestra como todos los elementos del esquema, se encuentran en el equipo dispuesto para dicha experiencia desde los sensores transportados por globos presurizados pasando por el sistema de procesamiento de a bordo, que memoriza las medidas científicas transmitidas por los emisores de los globos y realiza cálculos sobre posición y velocidades de los mismos relativos a la órbita, hasta el procesamiento masivo en tierra para levantar el mapa y transmitir por telemando al satélite órdenes de servicio para mejorar el control y optimización de la experiencia científica.